

## ⑫ 公開特許公報(A)

平1-106187

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

G 06 F 15/70

識別記号

3 5 0

庁内整理番号

H-7368-5B

⑭ 公開 平成1年(1989)4月24日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全9頁)

⑮ 発明の名称 3次元空間に存在する物体の姿勢推定方法

⑯ 特 願 昭62-262731

⑰ 出 願 昭62(1987)10月20日

⑱ 発 明 者 深 瀬 幹 夫 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁理士 伊東 忠彦

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

3次元空間に存在する物体の姿勢推定方法

## 2. 特許請求の範囲

対象物体のモデルを構成する複数の面々について、各面の向き及び大きさを表わす面ベクトルと、該各面の重心位置を表わす重心位置ベクトルとを抽出し(2)、

カメラで撮像された3次元空間に存在する物体の画像情報を領域分割し、各領域の面積の比と、該各領域の重心位置の比とを抽出(4、5)し、

該モデルの各面の面ベクトルと重心位置ベクトルとを3次元空間で回転させて、任意に選定した視線軸に対する該各面の面ベクトルの視線軸成分と、該各面の重心位置ベクトルの該視線軸と直交する平面の2軸成分の比とを求め(6)、

該各面の位置関係との面の面積比によりマッチングを行ない(7)、

該3次元空間に存在する物体の姿勢を推定することを特徴とする3次元空間に存在する物体の姿勢推定方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## (概要)

対象物体の画像情報とモデルのパターンとのマッチングにより3次元空間に存在する物体の姿勢を推定する3次元空間に存在する物体の姿勢推定方法に關し、

少ない情報を使って簡単かつ短時間で3次元空間に存在する物体の姿勢を推定する3次元空間に存在する物体の姿勢推定方法を提供することを目的とし、

対象物体のモデルを構成する複数の面々について、各面の向き及び大きさを表わす面ベクトルと、該各面の重心位置を表わす重心位置ベクトルとを抽出し、カメラで撮像された3次元空間に存在する物体の画像情報を領域分割し、各領域の面

積の比と、該各領域の重心位置の比とを抽出し、該モデルの各面の面ベクトルと重心位置ベクトルとを3次元空間で回転させて、任意に選定した視視軸に対する該各面の面ベクトルの視視軸成分と、該各面の重心位置ベクトルの該視視軸と直交する平面の2軸成分の比とを求め、該各面の位置関係と面の面積比とによりマッチングを行ない、該3次元空間に存在する物体の姿勢を推定するよう構成する。

#### (産業上の利用分野)

本発明は3次元空間に存在する物体(以下単に「3次元物体」という)の姿勢推定方法に関し、3次元物体の画像情報と対象物体モデルの情報とのマッチングにより3次元物体の姿勢を推定する3次元空間に存在する物体の姿勢推定方法に関する。

視覚から得られる3次元物体の画像情報を処理してパターン化し、その姿勢の推定を行なうプロセスは、幾つもの段階から構成されるが、物理レ

ベルの処理と概念レベルの処理とに大別することができる。物理レベルの処理は入力画像データを処理する部分であり、前処理及び特徴抽出等を含んでいる。概念レベルの処理は、物理レベルの処理によって得られた画像の特徴などのシンボル化された画像データの処理と認識の部分であり、モデルパターンとのマッチングをとり、最良のマッチングを選択するステップを含んでいる。数多くの姿勢推定方法が提案されているが、それぞれ一長一短があり、より速くより精度の良い姿勢推定方法が提案されている。

#### (従来の技術)

従来の3次元物体の推定は、これまで多くの場合、第7図に示す如く視覚センサ(カメラ)から入力した濃淡画像情報を背景除去、濃度変換等の前処理(ブロック71)をした後、境界を抽出し(ブロック72)、これからエッジとして抽出し(ブロック73)、そこから幾つかの特徴を選び(ブロック74)、数値化した特徴と同様の形で

によって高い精度を迫及していくという対処方法は、膨大な計算量を引き起こすことになり、計算機の容量、速度の点から現実的ではないという問題点があった。

本発明はこのような点に鑑みなされたものであり、少ない情報を使って簡単かつ短時間で3次元物体の姿勢を推定する3次元空間に存在する物体の姿勢推定方法を提供することを目的とする。

#### (問題点を解決するための手段)

3次元空間に存在する物体を、視覚センサ(カメラ)を通し画像情報としたものと、この対象物のモデル情報(設計情報、既に認識してわかっている形状情報等)との間で、姿勢、距離により異なる特徴を使いマッチングをとることで、空間に置かれた物体の距離、姿勢の推定を行える。この際、物体の形を構成する面についての記述特に構成という面から隣接面関係の記述が重要になってくる。本発明は、この隣接面関係の簡単且つ有効な記述として物体を構成する面各々の面積重心

#### (発明が解決しようとする問題点)

しかるに、計算機による画像処理では入力濃淡情報の量子化の際に情報が欠落し、例えば第8図(A)になし地で示す四辺形6a領域のように画像となる枠内を少しはみ出した形状の領域の情報は同図(B)に示す矩形8bのみしか情報が残らない。同様に濃度情報についても連続的情報が断片的に扱われるため情報の欠落を生じる。

このことから、エッジの抽出時に同図(C)に示す如く、エッジの一部が欠落してしまうことが多々あり、これは、特徴抽出時には同図(D)の如く認識されて、閉じたエッジによって初めて認識できる形状(この場合三角形)を認識できないことになる。

しかし、このような曖昧さが残る境界の影響をできるだけ小さくするために、密度の高い粗大化

関係(配置)を用いたものである。

第1図は本発明方法の原理ブロック図を示す。

同図中、ブロック1では外部からの指示により対象物体のモデルを選択する。

ブロック2では対象物体のモデルを構成する複数の面々々について、各面の向き及び大きさを表わす面ベクトルと、各面の重心位置を表わす重心位置ベクトルとを抽出する。

ブロック3では3次元物体の被認識物体を捕捉し、その画像情報を得る。

ブロック4では画像情報を例えば濃度に応じて領域分割する。

ブロック5では上記分割された各領域の面積と、各領域の重心位置とを抽出し、比の形で用意する。

ブロック6ではモデルの各面の面ベクトルと重心位置ベクトルとを3次元空間で回転させて、任意に選定した視覚センサ(カメラ)の視線軸に対する各面の面ベクトルの視線軸成分と、各面の重心位置ベクトルの視線軸と直交する平面の2軸成分とを求め、比の形で用意する。

10には、加速度計及びジャイロより構成されるINS(Inertial Navigation System:慣性航法装置)11の加速度計及びジャイロの出力より3次元空間のX軸方向、Y軸方向、Z軸方向及びこの3軸夫々の回転方向の6自由度航法情報が、GPS(Global Positioning Satellite:全地球的位置決め衛星)12から自己(チェイサー)及びターゲットの位置情報が、サンセンサ、アースセンサ、スターセンサ、等のセンサ13から自己の姿勢情報が入力されている。処理シーケンスのステップ14において自己及びターゲットの初期情報を得る。次いでステップ15において、ターゲットが遠いか近いかを判断する。例えば、ターゲットが画像として判断できる状態となったとき近距離と判断する。ターゲットが未だ遠距離の場合には、ステップ16に進んだレーザレーダ等の遠距離センサを使用した接近をはかる。

ステップ15において、ターゲットが近距離に近付いたと判断された場合には、ステップ17に進んで近距離センサを使用した本発明によるラフ

ブロック7では各面の位置関係と面の面積比によりマッチングを行ない、3次元物体の姿勢を推定する。

(作用)

本発明においては、モデルを構成する各面の視線軸方向の面積及び各面の重心位置の関係と3次元物体を認識面へ投影したときの各領域の面積及び各領域の重心位置の関係をマッチングさせることにより、3次元物体のラフな姿勢推定を達成している。ここでは形状情報を捨てて面情報を面積比と配置関係(具体的には重心の位置関係)だけで単純化することによりモデル側の計算処理を高速にし、入力情報を領域分割法で処理することにより曖昧さに柔軟に対応している。

(実施例)

第2図は本発明方法を適用した宇宙空間での宇宙飛行体同士のランデブー・ドッキングの概略フローチャートを示す。ナビゲーションフィルタ

マッチングとファインマッチングとを組合せた階層的認識方法によりターゲットの姿勢、距離を推定し、宇宙飛行体同士のランデブー・ドッキングを実現する。

第3図は近距離センサによる認識フローチャートを示しており、まずステップ21においてフラグmをセットして1回目(ファインマッチング)で行なう。次いでステップ22においてカウンタnを1にセットしてから、ステップ23に進んで視覚センサよりターゲットの画像入力を行なう。ステップ24においては、本発明の面ベクトル及び重心ベクトルを使用したラフマッチングを行ない、ステップ25においてマッチングを認識したら、ターゲットの運動を把握しているフライトマネージャ26を介してアクチュエータ27を駆動し接近をはかる。

また一方では、ステップ25においてラフマッチングを認識したらステップ28に進んで $n=k$ かあるいは $m=1$ かを判断する。すなわちこのステップでは、最初のマッチングと $n=k$ 回に1回

はファインマッチングまでを行なう処理を示している。ステップ28において否定判定の場合には、ステップ29に進んでターゲットの運動方程式が既知であることから、次のターゲットの相対位置及び姿勢を計算により予測する。この計算結果はステップ24のマッチングに利用される。次いでステップ30において、 $n$ を1つインクリメントしてステップ22～25までの処理を行なう。ステップ28において肯定判定の場合には、ステップ31に進んでファインマッチングを行ない、ステップ32においてファインマッチングを確認したらフライトマネージャ26を介してアクチュエータ27を駆動して接近をはかる。

これと共に、ドッキングの終了を判別し(ステップ33)、終了してない場合にはステップ34で $n=0$ としてステップ29に進む。

このように本応用例においては、本発明によるラフマッチング(ステップ24)とファインマッチング(ステップ21)とを組合せて、宇宙飛翔体同士のランデブー・ドッキングを達成する。

$z'$ )における面ABCDの面ベクトルとする。また、回転中心 $O'$ を始点とし、かつ面ABCDの重心を終点とするベクトルを面ABCの重心位置ベクトルとする。このようにして他の面AEHD, AEFB, BCGF, CDHG, EFGH夫々の面ベクトル及び重心位置ベクトルを得る。面ベクトルはその面の面積と面の向きを表わし、重心位置ベクトルはその面の位置即ち隣接面関係を表わしている。

ブロック42では例えばZ軸をカメラの視線軸として、各面夫々の面ベクトルの視線軸成分および各面夫々の重心位置ベクトルの視線軸を除く2軸つまりX軸、Y軸成分を抽出する。

また、各面夫々の面ベクトルの視線軸成分の比、つまり視線方向の面積比を求め、かつ各面夫々の重心位置ベクトル終点の投影位置成分の規格化を行なう。この規格化とは例えば視線軸成分が最大、最小夫々の面ベクトルに対応する重心位置ベクトルの終点位置をXY平面上に投影した点間距離を基準とし、かつ、視線軸成分が最大の面ベクトル

第4図は上述したような宇宙飛翔体同士のランデブー・ドッキングのラフマッチングに適用する本発明方法の一実施例のブロック図を示す。

まずモデル側では、第1図のブロック1に対応するブロック40でミッション要求等の外部からの指示によりターゲットに対応するモデルを選択する。

ここで、モデルは凸多面体で、各面の頂点座標で表現されている。例えば第5図に示す如き六面体の場合頂点A, B, C, D, E, F, G, Hの夫々の原点Oよりの座標データで構成されている。

第1図のブロック2に対応するブロック41では、モデルの各面毎に面ベクトルと重心位置ベクトルとを得る。例えば第5図のモデルで、面ABCDについてはベクトルBCとベクトルBAとの外積を求め、この外積のベクトルの大きさを $1/2$ とし、同様にベクトルDAとベクトルDCの外積のベクトルの大きさを $1/2$ としてこれらを加える。次にベクトルの始点を物体内部の適当な回転中心 $O'$ に移動してその座標系( $x'$ ,  $y'$ ,

に対応する重心位置ベクトルの終点位置を原点とする変換である。

一方カメラ側では、第1図のブロック3に対応するブロック50でターゲットをカメラで捕足し、ターゲットの画像情報を領域分割する。例えば次のようにして行なう。得られた画像情報をその領域に応じて画素毎に濃度ラベルを振り、濃度画像情報を生成し、これを記憶する(ブロック51)。つまり、この情報の濃度ラベルが例えば「1」の画素と「2」の画素とは濃度が異なることを表わす。

次に、ステップ52で濃度画像情報の濃度ラベルが同一である領域を見付けることにより領域分割を行なう。このように画像の特徴を抽出してターゲット画像を構成する複数の領域を切り出す。上記のブロック51, 52がブロック4に対応する。

この後、ブロック5に対応するブロック53で切り出された各領域毎に画素数をカウントして面積を求め、かつ重心位置を求める。ここで、カメ

ラ側は面像画像情報の各面素の面上の位置に対応してアドレスを割り当てており、切り出された領域を構成する面素のアドレス及び面素数から一意的にこの領域の重心位置が求められる。

例えば、第6図(A)に示す如く、ターゲット面像60が領域60a、60b、60cから構成されている。この場合、同図(B)に示す如く、領域60a、60b、60c夫々の面積 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 及び重心位置 $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ 、 $(x_3, y_3)$ を求める。これによって面積 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 夫々は重心位置 $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ 、 $(x_3, y_3)$ の関数 $S_1(x_1, y_1)$ 、 $S_2(x_2, y_2)$ 、 $S_3(x_3, y_3)$ として最終的に同図(C)に示す如く表現される。

また、上記の面積 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ の面積比を求め、重心位置 $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ 、 $(x_3, y_3)$ の規格化を行なう。

重心位置の規格化は面積が最大、最小夫々の重心位置間の距離を基準とし、かつ面積が最大の重

心位置を原点とする変換がひとつの方法である。

ブロック7に対応するブロック43ではターゲットモデルの規格化された重心位置投影成分とターゲット面像情報の規格化された重心位置とによって対応づけられるターゲットのモデルの面積比とターゲット面像情報の面積比とのマッチングを行ない、更にターゲットモデルの面積大小関係と、ターゲット面像情報の面積大小関係に対応する各々の規格化された重心位置についてのマッチングを行なう。

マッチングがとれない場合にはブロック44において、モデルの面ベクトル及び重心位置ベクトルを物体に固定した座標系をオイラー角 $(\phi, \theta, \psi)$ で回転させる。最初のx軸回りの回転を $\phi$ 、次のy軸回りの回転を $\theta$ 、最後のz軸回りの回転を $\psi$ とすると、 $\phi$ を $0 \sim 360^\circ$ 、各 $\phi$ に対し $\theta$ を $-90^\circ \sim +90^\circ$ 、各 $\phi$ と $\theta$ に対し $\psi$ を $-90^\circ \sim 90^\circ$ に変化させる。上記のブロック42、44が第1図のブロック6に対応する。

そして各回転位置毎にブロック42で各面の面

ベクトルの視線軸成分及び重心位置ベクトルのX軸、Y軸成分を抽出し、ブロック43で1次マッチングを行なう。これによってターゲットの姿勢が推定される。

1次マッチングがとれると、ブロック45で2次マッチングが行なわれる。ここでは、モデルの各面夫々の面ベクトルの視線軸成分そのものと、ターゲットの各領域の面積 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ そのものとのマッチングを行ない、これまで比のみでマッチングしていたものを大きさでマッチングする作業を行なう。

マッチングがとれない場合にはブロック46において、モデルの各面の面ベクトルとの大きさを所定比率で順次拡大・縮小し、ブロック42を経て再びブロック45の2次マッチングを行なう。

この2次マッチングによってターゲットまでの距離の推定が行なわれ、拡大・縮小の比率から距離を知ることができる。

このように、ターゲットの面像を領域として分割するため曖昧さから落とされてしまう情報も柔

軟に取り扱うことができ、モデルを構成する各面の視線軸方向の面積及び各面の重心位置の関係とターゲットの各領域の面積及び各領域の重心位置の関係とをマッチングさせるという特徴的な情報のマッチングを行なうため姿勢推定を高速に行なうことができる。

#### (発明の効果)

上述の如く、本発明の3次元空間に存在する物体の姿勢推定方法によれば、3次元物体を領域として分割するため曖昧さから落とされてしまう情報を柔軟に取り扱うことができ、モデルを構成する各面の視線軸方向の面積及び各面の重心位置の関係を3次元物体の各領域の面積及び各領域の重心位置の関係をマッチングさせるという特徴的な情報のマッチングを行なうため姿勢推定を短時間にかつ曖昧さに強いマッチングを行なうことができ、実用上きわめて有用である。

A. 図面の簡単な説明

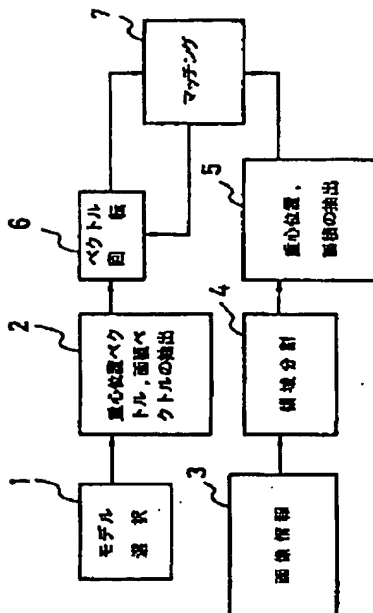
- 第1図は本発明方法の原理ブロック図、  
 第2図は本発明方法を適用したランデブー・ド  
 ッキングの概略フローチャート、  
 第3図は第2図の近距離センサによる接近の詳  
 細フローチャート、  
 第4図は本発明方法の一実施例のブロック図、  
 第5図、第6図は本発明方法を説明するための  
 図、  
 第7図は従来方法の一例のブロック図、  
 第8図は従来方法での情報の欠落を説明するた  
 めの図である。

27はアクチュエータ、  
 40～53はブロック、  
 60はターゲット図面、  
 60a～60cは領域  
 を示す。

特許出願人 富士通株式会社  
 代理人 井里士 伊東 忠彦

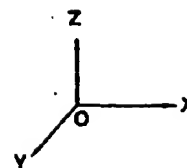
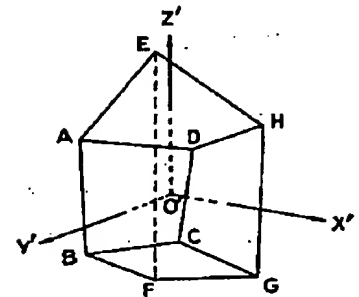


- 図において、  
 10はナビゲーションフィルタ、  
 11はINS、  
 12はGPS、  
 13はセンサ、  
 14～25、28～34はステップ、  
 26はフライトマネージャー、



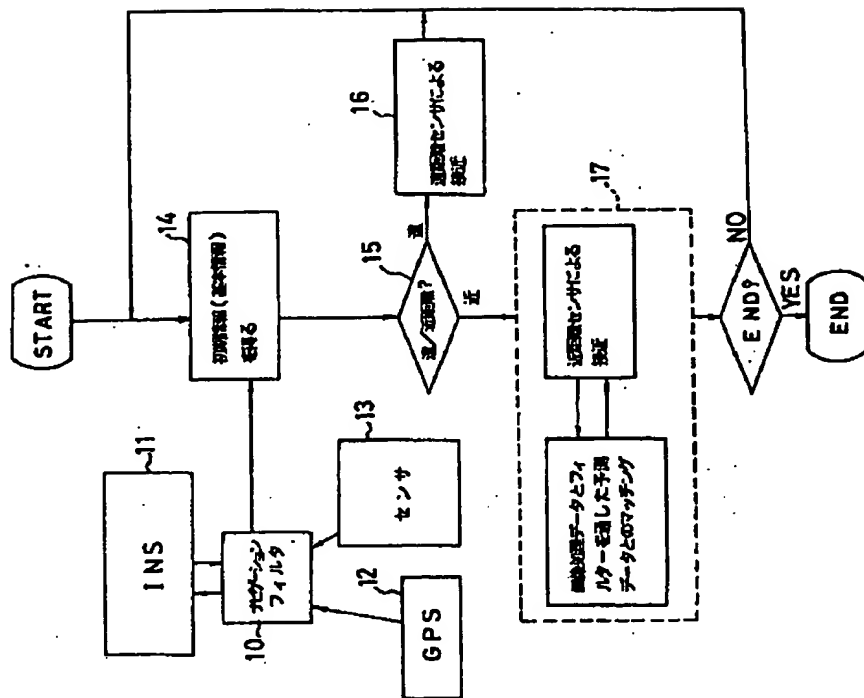
本発明方法の原理ブロック図

第1図



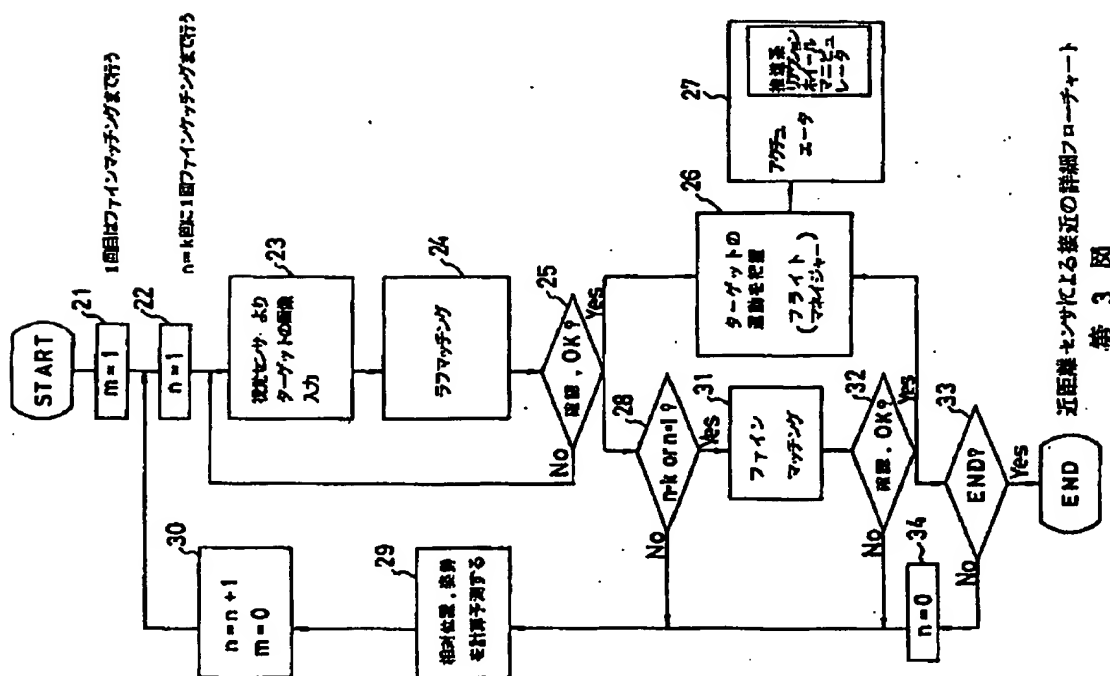
本発明方法を説明するための図

第5図



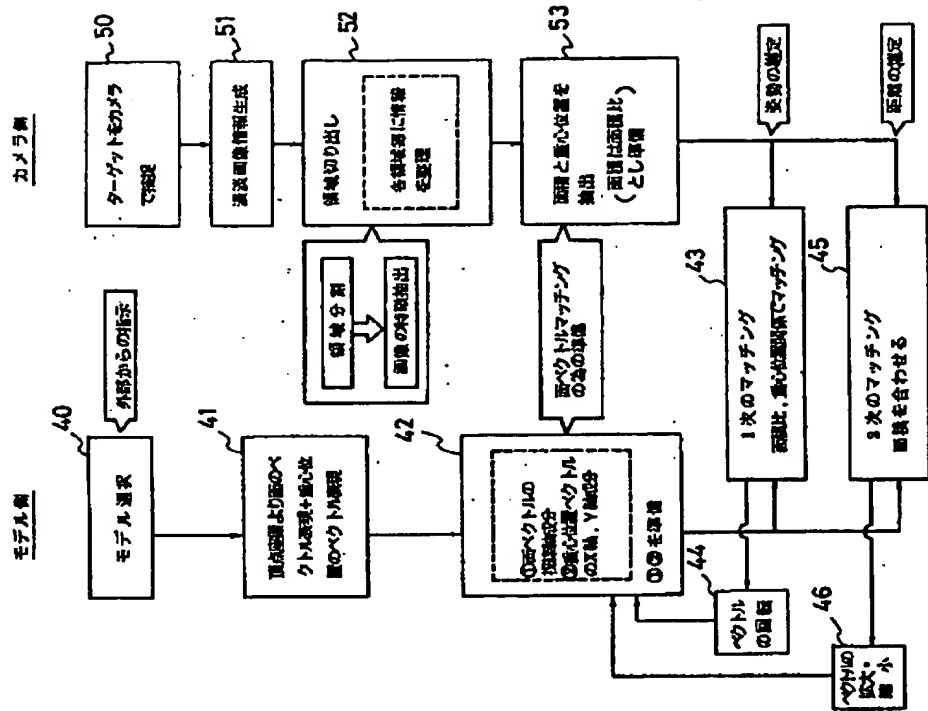
本発明方法を採用したランデブー・ドッキングの概略フローチャート

第 2 図

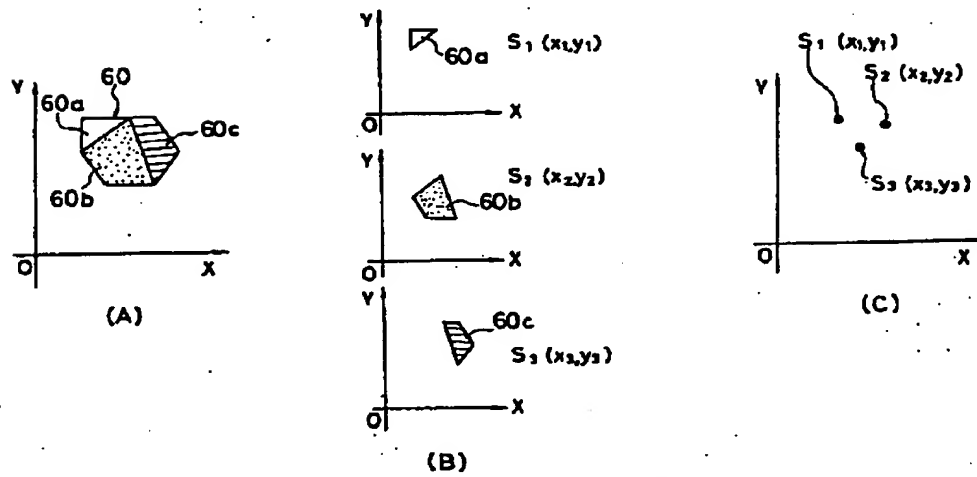


近距離センサによる接近の詳細フローチャート

第 3 図

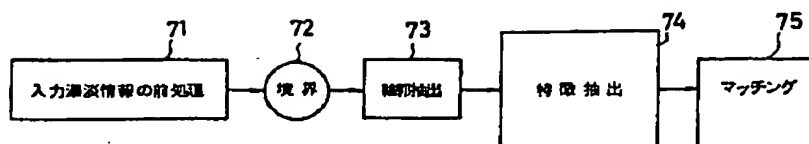


本発明方法のブロック図  
第4図



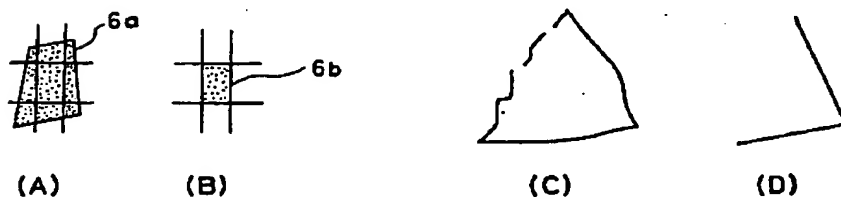
本発明方法を説明するための図  
第6図





従来方法のブロック図

第 7 図



従来方法での情報の欠落を説明するための図

第 8 図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**